تزاوجات الحامض النووي الديوكسي رايبوزي (DNA) :

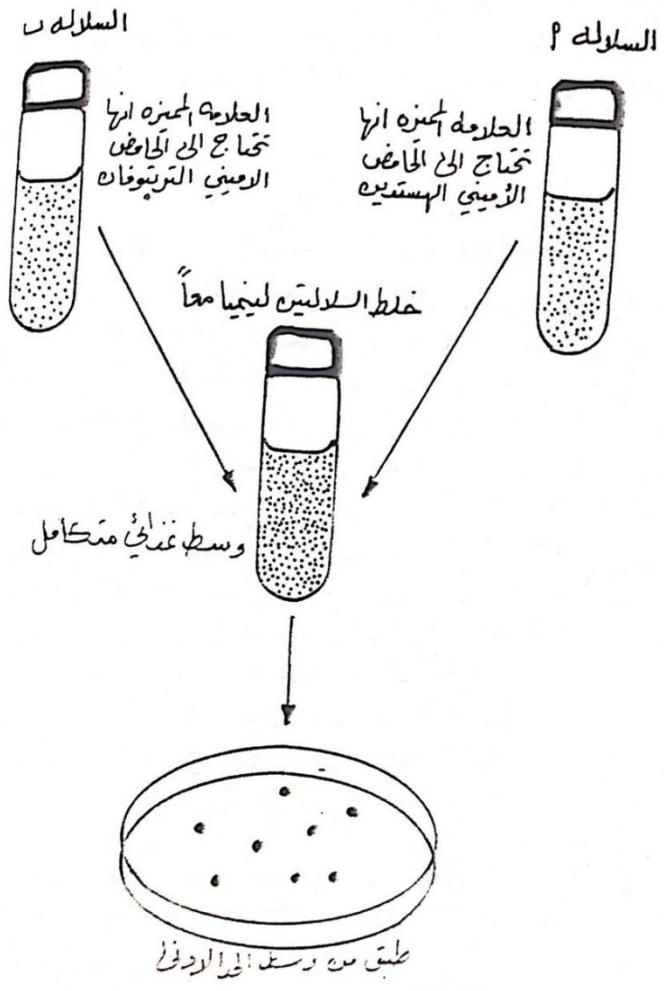
هناك ثلاثة ظواهر طبيعية في البكتريا تم اكتشافها من قبل العلماء والتي بوساطتها يمكن انتقال الحامض النووي الديوكسي رايبوزي (الصفات الوراثية) بين الخلايا مؤدياً الى نشوء التغيرات التي تظهر باستمرار . وهذه الطرق من تلك الظواهر التي تحدث طبيعيا والتي ينتقل بها الـ DNA الى الخلية البكتيرية هي :

١- الاقتران Conjugation.
٢- التحول Transformation.
٣- النقل بواسطة العاثي Transduction.

الاقتران البكتيري Bacterial Conjugation :

لقد قام العالمان لوريا و ديلبريك في عام ١٩٤٣ بتوضيح أن للبكتريا نظام وراثة مستقرا وثابتا ، الا انه كان مستحيلا في ذلك الوقت سبر غور هذا النظام او الجهاز بالتجربة وذلك لغياب نظام المزاوجة للبكتريا اي عدم ادراك كيفية مزاوجة البكتريا بعضها مع البعض الآخر . ان معلوماتنا الوراثية عن النباتات والحيوانات نستقيها من خلال التكاثر الجنسي لهذه الاحياء . فعندما تتاح الفرصة في أي جين للطفرات المختلفة لنوع معين من الاحياء لانها تتزاوج بعضها مع لبعض الآخر وتنتج افراداً تحمل طفرات مجمعة ومثال ذلك نبات البزاليا حيث من الممكن ان يتسم التزاوج بين اثنين من هذه النبتة احداها تعطي بزاليا صفراء ناعمة واخرى تعطي بزاليا خضراء خشنة ، و في الجيل التالي سنرى البعض يحمل صفات الجيل السالف اي نباتات تعطي بزاليا صفراء ناعمة واخرى تعطي بزاليا خضراء خشنة . الا اننا نرى بعض النباتات تعطي صفات تزاوجية - «Recombinant types» اي انها تعطي بزاليا خضراء ناعمة او صفراء خشنة ، ونحن نستطيع دراسة الوراثة في الاحياء العليا عن طريق التزاوجات هذه فقط

ان اول ملاحظة حول عملية التزاوج بين البكتريا تمت من قبل العالمان ليدربيرج وتاتوم «Lederberg & Tatum» في عام ١٩٤٦ حيث قاما بتجربة ذكية فتحت الباب لمضمار واسع وجديد في عالم الأحياء المجهرية . فقبل هذا التاريخ لم يفلح أحد في معرفة عملية التزاوج هذه «Recombination» بالرغم من المحاولات الكثيرة وذلك يرجع الى ندرة حدوث لهذه العملية . لذلك قام هذان العالمان بجمع سلالتين لبكتريا القولون ذات عوز غذائي «Auxotrophs» يختلف بعضه عن البعض الآخر وبذلك اتاحا فرصة التزاوج لهاتين السلالتين . وبعد زرع عند المزرعة المختلطة على وسط الحد الادنى حيث لا تنمو الا السلالة البرية . ولكن عند رؤية ظهور مستعمرات نامية على هذا الوسط تأكد حدوث عملية التزاوج بين السلالتين المعوزتين غذائياً .



ان علم وراثة البكتريا قد شهد تطوراً سريعاً وكبيراً منذ عام ١٩٤٦ ، وقد استعملت سلالات متعددة من بكتريا القولون حيث لدينا الآن صورة واضحة عن عملية تزاوج البكتريا ندرج في ادناه بعض ظواهرها .

١- ان انتقال المادة الوراثية من خلية الى اخرى يتطلب اتصالاً مباشراً بين الخليتين المتزاوجتين وتدعى العملية عموماً « الاقتران » Conjugation“ ونحن نستطيع رؤية الخليتين البكتيريتين المقترنتين باستخدام المجهر

٢- هناك مجموعة كبيرة من عناصر وراثية كروموسومية اضافية Extra – chromosomal genetic element تدعى بالبلازميدات مفردها بلازمد Plasmids“ . حيث اكتشفت هذه البلازميدات في سلالات كثيرة من بكتريا القولون . ويشكل البلازميد جزءاً يسيراً من مجموع الهيكل الوراثي للبكتريا من ناحية الحجم . والبلازميدات تمثل قطعاً او اجزاءا من مادة الحامض النووي الـ DNA تحمل جينات اضافية ليس لها اهمية او ضرورة للبكتريا التي تحملها الا انها وفي بعض الاحيان تمنح البكتريا بعض الفوائد المنتخبة فمثلاً البكتريا التي تحمل Col factors تفرز مادة الكوليسين (Colicin) وهو مادة بروتينية من شأنه قتل الانواع البكتيرية الاخرى . وهناك بلازميدات أخرى مثل الـ R factors التي تكسب الخلية مقاومة عالية للعديد من المضادات الحيوية. وقد يبقى قسم من هذه البلازميدات داخل الخلية ولا يستطيع الانتقال منها الى خلية اخرى «Nontransferable». ونحن لا نعرف فائدتها الا اننا نعرف ان الخلية قد تفقد هذه البلازميدات بطريقة ما .

وعلى أي حال فإن البلازميدات الاخرى تستطيع الانتقال من خلية الى اخرى وذلك عن طريق الاهلاب المختصة . والأهلاب «Pili» هي عبارة عن انابيب دقيقة ذات هيكل بروتيني موجود على غلاف الخلية وتستطيع الالتصاق بغلاف الخلية الاخرى . وان هناك جينات معينة تمتلك خطة تركيب أو تصنيع هذه الاهلاب وبذلك تقوم الخلية بتخليق هذه العصيات حسب الخطة التحليقية هذه. وما ان تخلق الاهلاب ويتم التصاقها بالخلية الأخرى حتى تبدأ عملية عبور او انتقال البلازميدات عبرها . ان البحوث التي جرت في هذا المجال اوصلتنا الى هذه الصورة في الوقت الحاضر، اذ يتصل البلازميد في مكان ماعلى السطح الداخلي للغشاء السايتوبلازمي للخلية المضيفة . وعند اتصال الهلب بخلية أخرى يتحفز البلازميد ويبدأ باستنساخ نفسه حيث تنتقل النسخة عبر الهلب الى الخلية الاخرى . وفي الواقع فإن مادة الـ DNA تنتقل بشريط واحد one Strand عبر الهلب اما الشريط الآخر فيصنع من قبل الخلية المتسلمة او المستقبلة . ان عملية الانتقال هذه تتم بأتجاه واحد من الخلية المرسلة Donor الى الخلية المتسلمة Recipient ولا يتم العكس في الحالة الواحدة.

٣- تدعى بعض هذه البلازميدات بعوامل الاخصاب Fertility Factors (F) وهي رتبة ثانوية من البلازميدات تدعي الابيسومات « ومفردها أبيسوم » (Episomes) وقد تكون الابيسومات على شكل قطع من الحامض النووي الـ DNA متصلة بالغشاء السايتوبلازمي شأنها في ذلك شأن بقية البلازميدات . وعلى أي حال قد يلتحم الابيسوم بالحامض النووي الـ DNA للخلية المضيفة . وهو بهذا يدخل في الهيكل الوراثي للخلية المضيفة . وإن الجين" المتكون منه سيتشابه مع بقية جينات الخلية .

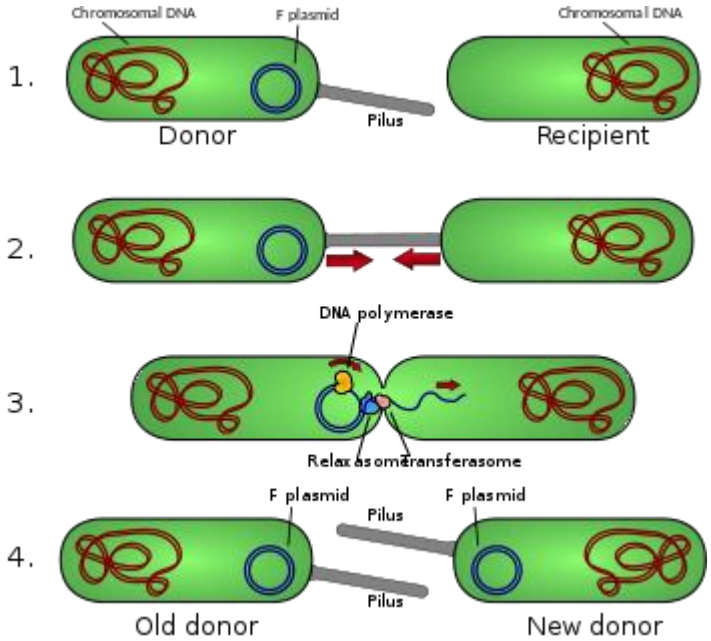
٤- اعتماداً على ما جاء في اعلاه نستطيع أن نميز ثلاثة انواع من الخلايا على اساس عوامل الأخصاب (F.Factors) . فالخلايا التي لا تمتلك عوامل الاخصاب هذه تدعى F^- وهي ما تقابل الخلايا الاناث ، وتعمل بوصفها خلايا متسلمة او مستقبلة اثناء عملية التزاوج . اما الخلايا التي تمتلك عوامل الاخصاب فتدعى F^+ وهي تقابل الخلايا الذكور في الاحياء الراقية ، وتعمل خلايا مانحة أو لاقحة اثناء عملية التزاوج ، ولكنها لا تعطى عاملها الاخصابي الا الى F^- وبهذا يتحول الـ F^- الى F^+ . وعلى أي حال اذا ما التحم عامل الاخصاب مع الحامض النووي الخلوي فالخلية تسمى حينئذ باخلية التردد العالي High frequency recombination (Hfr). وهي تعمل كخلية ذكرية أيضا فهي خلية لاقحة الا انه عند انتقال عامل الاخصاب (F) فهو ينقل معه الجينات البكتيرية التي يلتحم بها

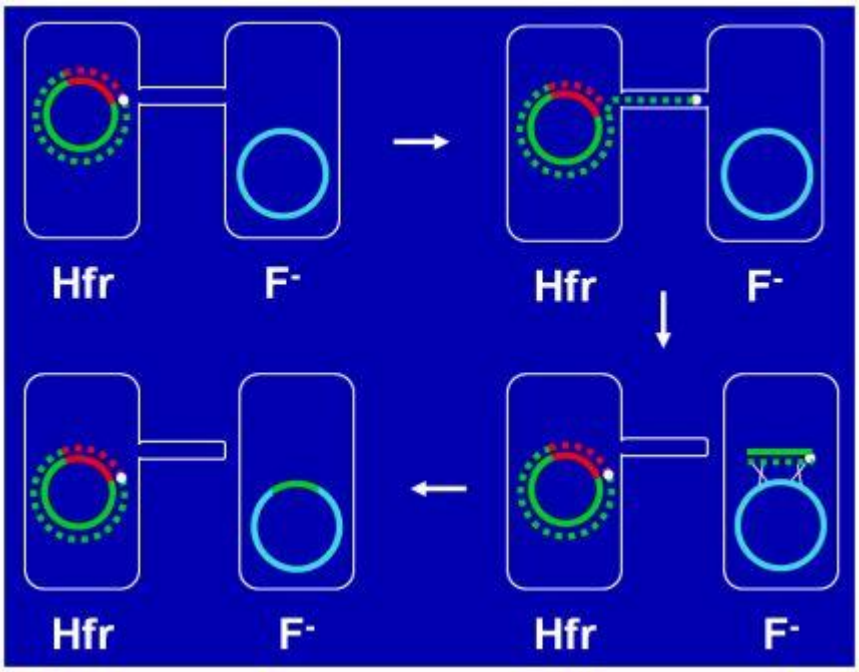
٥- تبدأ الخلايا ذات التردد العالي «Hfr» اثناء عملية الاقتران بزرق نسخة من هيكلها الوراثي «Genome» مبتدئة بنهاية طرف واحد من هذا الهيكل . وهذا يعني أن جينات الـ Hfr سوف تزرق الى خلايا الـ F^- حسب تسلسلها الطبيعي التي كانت عليه في الهيكل الوراثي للـ Hfr . وبهذا فأذا ما استخدمنا سلالات ذات طفرات مختلفة نستطيع تحديد تسلسل الجينات عن طريق اعاقة الاقتران على اوقات مختلفة لكي نكون على بينه عن الجين الذي انتقل ضمن المدة المحددة الواحدة. إن كل جين يدخل الى الـ F^- ضمن مدة محددة ومتميزة وبهذا فنحن نتمكن عن هذه الوسيلة بناء خريطة للهيكل الوراثي للـ Hfr مستغلين اوقات الدخول أو الانتقال كأدوات قياس . وهذه هي القاعدة التي تبنى عليها معرفتنا عن موقع الجينات البكتيرية ضمن الهيكل الوراثي (genome) هذا وأن السلاسلة F^- تمتلك خريطة مشابهة لتلك الموجودة في السلالة Hfr حيث أن السلالتين منحدرتان من نوع بكتيري واحد .

٦- إن عامل الاخصاب F في السلالات Hfr المختلفة يتصل أو يلتحم باماكن مختلفة من الهيكل الوراثي للخلية ، ومن خلال قراءاتنا لتسلسل الجينات لبكتريا القولون وبكتريا أخرى استطاع الباحثون أن يلاحظوا بأن تسلسل الجينات هذا هو تسلسل دائري، وهذا يعني أن الهيكل الوراثي البكتيري هو هيكل دائري . ولقد . رسمت الخرائط الوراثية من خلال هذه الدراسات . وقبل ان يزرق الهيكل الوراثي هذا تنفلق الدائرة في نقطة اتصال عامل الاخصاب بها حيث تحصل بهذا الانفلاق على هيكل وراثي طولي ، ويعتقد بأن الانفلاق يحدث ضمن عامل الاخصاب وبهذا ينقسم هذا العامل الى قسمين احدها يكون في النهاية الرائدة التي تدخل اول ما تدخل في الخلية المضيفة ساحبة خلفها التسلسل الجيني وما يبقى من عامل الاخصاب المنشطر يبقى في نهاية السلسلة .

٧- إن عملية زرق نسخة من الهيكل الوراثي لبكتريا القولون بأكمله تستغرق حوالي مئة دقيقة . الا أن عملية الاقتران غالبا ما تعترض عن طريق الصدفة قبل أن تنتهي وبذلك غالباً ما يتعذر على القسم النهائي من عامل الاخصاب من الانتقال مع القسم الرائد . واذا ما اخذنا بالحساب بانه يترتب على جميع الجينات المختصة بعامل الاخصاب الانتقال الى الخلية المستهلكة (F^-) لكي تتحول الى خلية ذكرية «Hfr» نستطيع ان ندرك أن الخلية الانثوية F^- تبقى كذلك بعد الاقتران مع الـ Hfr ، الا انها تتحول الى خلايا ذكرية بسرعة F^+ عندما تقترن مع خلايا ذكرية F^+ .

إن عملية الاقتران هذه تم ملاحظتها في أجناس بكتيرية مختلفة اضافة الى بكتريا القولون . مثل اجناس الـ *Salmonella* والـ *Pseudomonas* والـ *Serratia* والـ *Vibrio* . وقد تحدث عملية الاقتران بين جنسين مختلفين مثل *Escherichia-Shigella* والـ *Salmonella- Vibrio* والـ *Escherichia-Serratia* والـ *Salmonella-Serratia* والـ *Escherichia-Salmonella* والـ *Shigella-Salmonella* .





المصادر :

1- Dale, J. W. & Park, S. F. (2010). Molecular Genetics of Bacteria. 5TH Edition. Wiley – Blackwell.

٢- الزيدي، حامد مجيد. (٢٠٠٠ م) علم الاحياء المجهرية (النظري). الطبعة الثانية، وزارة التعليم العالي والبحث العلمي / جامعة بغداد.